Aus dem Physiologischen Institut der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. K. Brecht
Abteilung für Angewandte Physiologie

Sauerstoffdissoziationskurven, Bohr-Effekt und Erythrocytenmorphologie von Spitzmäusen, weißen Mäusen und Goldhamstern

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
SIGNE ULRICH
aus Magdeburg

1964

7967

Aus dem Physiologischen Institut der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. K. Brecht
Abteilung für Angewandte Physiologie

Sauerstoffdissoziationskurven, Bohr-Effekt und Erythrocytenmorphologie von Spitzmäusen, weißen Mäusen und Goldhamstern

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
SIGNE ULRICH
aus Magdeburg

Dekan: Prof. Dr. H. Harms
1. Berichterstatter: Prof. Dr. H. Bartels
2. Berichterstatter: Prof. Dr. K. Betke

Meinen Eltern

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547602_0093

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	1
Methodik	1
Ergebnisse und Diskussion	5
Zusammenfassung	10
Tabellen	11
Abbildungen	27
Literaturverzeichnis	29

Die Spitzmäuse aus der Ordnung der Insektenfresser (Insectivora) gehören zu den kleinsten Säugetieren. Sie wiegen 10 bis 15 g und haben pro kg Körpergewicht einen Sauerstoffverbrauch von etwa 100 ml/min. Das ist das 25 fache gegenüber dem Menschen und das 40 fache gegenüber dem Elefanten. Es ist zu erwarten, dass sich dieser hohe Stoffwechsel in besonderen Leistungen des Kreislauf und der Atmung, sowie der Blutgastransportfunktion reflektiert. Wir haben deshalb die O_2-Kapazität, die Sauerstoffdissoziationskurve und den Bohr-Effekt nebst einigen Erythrocytenmorphologischen Daten bestimmt und diese Untersuchungen zur Vervollständigung auf weisse Mäuse und Goldhamster ausgedehnt.
Unser Ziel, das kleinste aller Säugetiere, die Zwergspitzmaus mit ca. 4 g Körpergewicht zu untersuchen, scheiterte daran, dass wir keine Tiere fangen konnten.

Methodik

Tiergewinnung. Die für die Versuche benötigten Spitzmäuse kann man leider nicht in Tierhandlungen kaufen, deshalb ist man gezwungen, die Tiere selbst zu fangen. Es ergab sich, dass die Spitzmäuse, die im Winter die Wärme besonders bevorzugen, sich gerne in geheizten Gewächshäusern aufhalten. So wurden sog. Fangautomaten (zum Lebendfangen), die mit Fleisch beschickt waren, in der Nähe der Heizungsrohre aufgestellt und die Fallen zweimal täglich kontrolliert. Bei den gefangenen Spitzmäusen handelt es sich nach Aussage von Zoologen um die Hauswimperspitzmaus (durchschnittliches Gewicht 12.5 g), leider gibt es in unserer Gegend keine Zwergspitzmäuse. Die anderen Versuchstiere konnten in Tierhandlungen gekauft werden, es handelt sich dabei um die weisse Maus (durchschnittliches Gewicht 40 g) und um den syrischen Goldhamster (durchschnittliches Gewicht 60 g).
Blutentnahme. Bei der Spitzmaus (0.1 bis 0.2 ml) erfolgte die Blutentnahme durch Dekapitierung, bei der weissen Maus (0.6 bis 0.8 ml) und beim Goldhamster (1.8 bis 2.0 ml) wurde das Blut durch Durchtrennung der re. Art.carotis comm. mit nachfolgendem Ausbluten gewonnen.

Blutkonservierung. In den zum Blutauffang bestimmten Bechergläsern waren zur Hemmung der Glykolyse 0.01 ml/ml Blut Natriumfluoridlösung bei 60.0° C angetrocknet. Die Lösung enthält 5 g Natriumfluorid in 100 ml aqua dest. und ist auf pH 7.4 eingestellt. Die Gerinnung wurde mit pulverisiertem Heparin gehemmt. Das Blut wurde in verschlossenen Gefäßen (mit angefeuchtetem Filtrierpapier zur Verdunstungsverhütung) in Eiswasser aufbewahrt und stets innerhalb von 4 Stunden nach der Entnahme analysiert.

Äquilibrierung. Es wurden Mikro-Kugeltonometer (Modifikation des Kugeltonometers nach LAUE 1951) mit einer Rotationsgeschwindigkeit von 300 Touren/min benützt. 5 min vor der ersten Bluteinfüllung wurde die Durchströmung mit wasserdampfgesättigtem Äquilibriergas begonnen. Das Blut wurde sorgfältig aufgeschüttelt dann ins Tonometer gefüllt und 20 min äquilibriert. Bei den Spitzmäusen wurde das Blut jeweils von zwei Tieren in ein Tonometer gefüllt und nacheinander die verschiedenen Äquilibriergemische, angefangen mit den niederen O_2-Drucken, angeschlossen. Bei den ersten 7 weissen Mäusen und den Goldhamstern wurde für jedes Tier ein neues Tonometer verwendet und das Blut mit ansteigenden O_2-Drucken äquilibriert. Bei den weissen Mäusen ab Tier Nr. 8 wurde jeweils 0.8 ml Blut in einem Tonometer äquilibriert, dazu eine Kapazitätsbestimmung durchgeführt.

Analyse. Mit von uns entwickelten Pipetten (Abb. 1) wurde das Blut unter Hg-Abschluß aus dem Tonometer entnommen und in den mikromanometrischen Apparat von NATELSON (1951) überführt. Hierzu wird in Abwandlung von der Vorschrift nach HOLADAY und VEROSKY (1956) folgendermaßen verfahren:

Analysengang im Kopp-Natelson Apparat. Aus der Spezialpipette werden 0.03 ml Blut in den Apparat überführt und ein Hg-Faden nachgesaugt. Anschließend werden zweimal aus einer Spritze je 0.03 ml SF-Lösung nachgezogen. Die beiden Portionen sind durch Hg getrennt und von einer Hg-Säule gefolgt, die bis zur Marke 0.12 in der Kammer reicht. Der Kammerhahn wird geschlossen , die Hg-Säule unter die 2.0 Marke in der Kammer gesenkt und drei Minuten geschüttelt, danach wird die Flüssigkeitssäule auf die Kammermarke 0.12 eingestellt und p_1 abgelesen. Die Flüssigkeitssäule

wird etwa bis zur Hälfte der Kammer gesenkt und durch Öffnen des Kammerhahnes aus der NaOH-Spritze 0.03 ml eingezogen. Nach ca. 30 Sekunden bei gleichzeitiger Erschütterung durch Klopfen, wird die Flüssigkeitssäule wieder auf die Marke 0.12 eingestellt und p_2 abgelesen. Die Flüssigkeitssäule wird erneut bis zur Hälfte der Kammer gesenkt und aus der Na-Dithionit-Lösung enthaltenden Spritze durch Öffnen des Kammerhahnes 0.03 ml eingezogen. Der Kammerhahn wird geschlossen und nach etwa 30 Sekunden der Flüssigkeitsmeniscus wieder auf die 0.12 Marke eingestellt und p_3 abgelesen. Die Kammer wird mit einem Gemisch aus beiden Absorptionslösungen, die Blutreste gut löst, gereinigt. Anschließend wird mit destilliertem Wasser, 3 %iger Milchsäure und wieder mit destil liertem Wasser gespült. Vor der nächsten Analyse werden durch Evakuierung die Flüssigkeitsreste entfernt.

Bei Vergleichsanalysen mit dem manometrischen Apparat nach Van Slyke und dem mikromanometrischen Apparat nach Natelson ergeben sich bei der Mikro-Analyse etwas höhere Werte. Der mittlere Fehler beträgt für CO_2 0.19 Vol.% und für O_2 0.015 Vol %, der mittlere Fehler des Mittelwertes ist für CO_2 $sx_1 \pm 1.13$ und für O_2 ± 0.465, damit ist die Streuung erheblich größer als von HOLADAY und VEROSKY angegeben. Gründe dafür konnten wir nicht finden.

pH-Messung. Der pH-Wert im Vollblut wurde mit der thermostatisierten Metrohm Glaselektrode EA 512 bei Äquilibriertemperatur aus dem selben Tonometer gemessen. Die Eichkurven wurden mit Sørensen Puffergemischen aufgestellt.

Berechnung. Der O_2- und CO_2-Druck des Äquilibriergases wurde aus dem prozentualen Anteil des Gases im Gasgemisch, unter Berücksichtigung des Barometerstandes und des bei 37° C herrschenden Wasserdampfdruckes, berechnet. Die O_2-Kapazität wurde aus den O_2-Gehalten des Blutes nach Abzug der physikalisch gelösten Menge, die wir mit dem Absoprtionskoeffizienten für menschliches Blut (BARTELS,BÜCHERL,HERTZ,RODEWALD und SCHWAB 1959) berechneten, bestimmt. Bei der Berechnung der prozentualen O_2-Sättigung wurde von dem gefundenen O_2-Gehalt der physikalisch gelöste O_2-Anteil entsprechend dem O_2-Druck des Äquilibriergases abgezogen, die so errechnete O_2-Menge wurde in Prozenten der O_2-Kapazität ausgedrückt.

Die Berechnung des pH-Wertes bei den Spitzmäusen erfolgte aus den gasometrisch ermittelten Werten, unter Berücksichtigung der Untersättigung, mit dem Absorptionskoeffizienten für menschliches Plasma (BARTELS und WRBITZKY 1960) nach der Henderson-Hasselbalch-Gleichung.

Bei der weissen Maus und beim Goldhamster wurde der pH-Wert elektrometrisch mit der Glaselektrode gemessen.

Die Umrechnung der bei den entsprechenden O_2-Sättigungen herrschenden O_2-Drucke auf den gemeinsamen pH-Wert von 7.4 (bzw. 7.2 und 7.6) erfolgte mit den ermittelten Faktoren des Bohr-Effektes (Tab. 1 und 2). Die Konstruktion der O_2-Dissoziationskurve aus den auf den gleichen pH-Wert von 7.4 umgerechneten Wertpaaren von prozentualer O_2-Sättigung und O_2-Druck erfolgte graphisch. Einzelheiten der Berechnung siehe BARTELS und HARMS (1958).

Bestimmung des Bohr-Effektes. Es wurden Blutproben mit drei Gasgemischen unterschiedlichen CO_2-Druckes äquilibriert und nachfolgend der CO_2- und O_2-Gehalt manometrisch, sowie der pH-Wert elektrometrisch bestimmt. Zur Ermittlung des Bohr-Effektes wurden zunächst die analysierten Wertpaare von prozentualer O_2-Sättigung und O_2-Druck graphisch dargestellt, um so einen Abschnitt einer vorläufigen O_2-Bindungskurve für die O_2-Sättigung um 50 % zu erhalten. Dann wurde ein Koordinatensystem mit der Ordinate

$$\log 100 \frac{100 - S_{O2}}{S_{O2}}$$

und der Abszisse $\log P_{O2}$ verwendet, in dem die O_2-Bindungskurve nahezu eine Gerade darstellt. Parallel zu diesem Abschnitt wurden dann die Messwerte auf 50 % O_2-Sättigung projiziert und T_{50} abgelesen. Die Regression zwischen $\log T_{50}$ und pH-Wert der einzelnen Punkte lieferte dann den Bohr-Effekt. Für Spitzmäuse war dieses Verfahren nicht anwendbar, da nicht genügend Tiere vorhanden waren, daher wurden die Messwerte um 50 % S_{O2} der O_2-Dissoziationskurve im logarithmischen System parallel zu einem Abschnitt einer vorläufigen O_2-Dissoziationskurve auf T_{50} projiziert und das Verhältnis der Druckdifferenzen zu den pH-Differenzen verschiedener Messwertpaare gebildet. Der Mittelwert dieser Quotienten lieferte dann den Bohr-Effekt, der zur Aufstellung der endgültigen O_2-Dissoziationskurve verwendet wurde.

Methodik der Zelluntersuchungen. Im Blut von je 5 Spitzmäusen, weissen Mäusen und Goldhamstern wurden folgende Werte ermittelt: 1. Hämoglobin (Hb). Aus der O_2-Kapazität wurde mit Hilfe der Hüfnerschen Zahl (1 g Hb bindet 1.34 ml O_2) die Menge des "aktiven" Hb bestimmt. 2. Die Zahl der Erythrocyten (E). Aus einer Doppelbestimmung unter Verwendung von geeichten Pipetten, 1 : 200 mit Hayemscher Lösung verdünnt, wurde die Zahl der Erythrocyten in der Neubauer-Zählkammer bestimmt. 3. Hämatokrit (Hkt). Es wurde eine Doppelbestimmung in der Mikro-Hämatokrit Zentrifuge nach HAWSLEY durchgeführt. 4. Der Erythrocytendurchmesser (D) wurde errechnet aus der gemessenen mittleren Erythrocytenfläche (F) unter Zugrundelegen einer Kreisfläche. Von langsam getrockneten, ungefärbten Blutausstrichen wurde für jede Untersuchung bei 2000 facher Vergrößerung unter Verwendung von 2 Ausstrichen 100 Erythrocyten auf den Zeichentisch projiziert, nachgezeichnt und die so erhaltene Fläche planimetriert. Aus den voranstehenden Größen wurden errechnet: Das Erythrocyteneinzelvolumen (EEV μ^3); die Hb-Konzentration je Erythrocyt (HbKE %); der Hb-Gehalt je Erythrocyt (HbE $\mu\mu$g); die mittlere Erythrocytenoberfläche (EOfl. μ^2); nach der Formel $2 F \times \pi \times D \times d$. Die mittlere Erythrocytendicke (d in μ) wurde aus dem Verhältnis EEV : F (μ^3 : μ^2) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

In der Tab. 1 und 2 sind die wichtigsten Analysenwerte, die zur Berechnung des Bohr-Effektes vom Blut der weissen Mäuse und Goldhamster erforderlich waren, zusammengestellt.
In der Tab. 3 bis 5 sind die wichtigsten gemessenen und berechneten Werte zur Aufstellung der Sauerstoff-Dissoziationskurve bei 37° C für die Spitzmäuse, weissen Mäuse und Goldhamster aufgeführt.
In der Tab. 6 bis 8 sind die Daten der Mittelwerts-Sauerstoff-Dissoziationskurven für die pH-Werte 7.2, 7.4 und 7.6 zusammengestellt. Tabelle 9 gibt einen Überblick über die Fehlerbreiten der einzelnen Mittelwerts-Sauerstoff-Dissoziationskurven.
Bei den Spitzmäusen wurde der pH-Wert der äquilibrierten Blutproben nach der Henderson-Hasselbalch-Gleichung berechnet. Bei den anderen beiden Species wurde der pH-Wert elektrometrisch gemessen

und ausserdem berechnet. Die durchschnittliche Differenz beider Messungen beträgt 0.11 pH-Einheiten. Der berechnete Wert ist also etwa um 0.11 pH-Einheiten höher. Ursachen dafür können sein: 1. Verwendung eines unzutreffenden Wertes für den CO_2-Absorptionskoeffizienten. 2. Verwendung eines unzutreffenden Wertes für pK'. Für beide Werte waren wir gezwungen, auf solche des menschlichen Blutes zurückzugreifen. 3. Das Nomogramm zur Umrechnung des Blut-CO_2-Gehaltes auf denjenigen des Serums ist für diese Species noch nicht als brauchbar erwiesen und kann Fehler hervorrufen. Bei Mäusen und Hamstern sind die Sauerstoff-Dissoziationskurven mit Hilfe des elektrometrischen pH-Wertes berechnet, bei den Spitzmäusen müssen wir uns auf die berechneten Werte stützen. Wenn wir unterstellen, dass bei ihrem Blut etwa dieselbe Abweichung vom gemessenen pH-Wert resultiert wie bei Mäusen und Hamstern, würde sich der Halbsättigungsdruck für O_2 bei den Spitzmäusen um 5.4 Torr auf 31.5 Torr erniedrigen. Diese Unsicherheit veranlasste uns im Frühjahr im Wald über 30 Fallen, an vom Revierförster empfohlenen Stellen aufzustellen. Wir konnten jedoch kein Tier fangen, deshalb wurden im darauffolgenden Winter wieder in den Gärtnereien (s.o.) Fallen aufgestellt, es konnte aber nur ein Tier gefangen werden, das nach wenigen Stunden starb. Wir halten es trotz der genannten Unsicherheit für sinnvoll, die Ergebnisse mitzuteilen, weil bisher keine Blutgasdaten über dieses Tier vorliegen. Auf die einschränkenden Bemerkungen muss jedoch bei der Weiterverwendung der Werte geachtet werden.

Es fällt auf, dass die pH-Werte der äquilibrierten Blutproben bei den Spitzmäusen und den weissen Mäusen relativ niedrig sind. Man könnte daraus schliessen, dass der Standardbikarbonatwert des Blutes der Tiere in vivo niedriger sei als z.B. beim Menschen und einer Reihe anderer untersuchter Säugetiere. Dieser Schluss ist aber nicht zulässig, da die Tiere vor der Dekapitierung sehr unruhig waren und sich ernergisch wehrten. So ist anzunehmen, dass durch die starke Muskelarbeit ein Teil des Standardbikarbonatgehaltes infolge Bildung fixer Säuren blockiert wurde. Die Goldhamster waren weniger aktiv, ihre CO_2-Gehalte sind höher und folglich auch die pH-Werte näher bei dem gewünschten Wert von pH 7.4. Die Umrechnung von den relativ sauren pH-Werten auf pH 7.4 bei den Spitzmäusen und weissen Mäusen bringt so eine weitere Vergrö-

gerung der Fehlermöglichkeiten mit sich. Durch Umrechnung der O_2-Dissoziationskurven auf eine pH-Wert von 7.2 verringern sich die genannten Fehler für das Blut von Spitzmäusen und weissen Mäusen (siehe Tab.10), allerdings begibt man sich dann teilweise der gewünschten Vergleichsmöglichkeiten mit anderen Species.
Die Art der Blutgewinnung bedarf im Hinblick auf die Ergebnisse noch einer kritischen Betrachtung. Um genügend Blut zur Analyse zu gewinnen, war es erforderlich, die Tiere nach der Dekapitierung auszubluten. Dieses Verfahren birgt die Gefahr in sich, dass Hämatokrit- und O_2-Kapazitätswerte gegenüber in vivo-Verhältnissen verändert sind. Es ist anzunehmen, dass die Werte durch Austritt von Extrazellularflüssigkeit eher zu niedrig sind. Für die Aufstellung der O_2-Dissoziationskurven ist kein Nachteil zu befürchten. Beim Mäuseblut haben wir bei allen Blutproben stets eine geringgradige Hämolyse beobachtet, nachdem das Blut äquilibriert worden war. Um dies zu vermeiden, haben wir die Entnahmegefässe und Tonometer silikonisiert bzw. paraffiniert, konnten aber dennoch die geringradige Hämolyse nicht verhindern. Es muss angenommen werden, dass die Mäuseerythrocyten mechanisch besonders empfindlich sind. Eine osmotische Resistenzbestimmung bestätigte die früheren Angaben (Zusammenstellung bei BARTELS 1958). Danach liegt der Beginn der Hämolyse bei 0.61 % NaCl-Lösung. Andererseits hat Ziegenblut einen Wert von 0.62 und hämolysiert bei der gleichen Behandlung nicht. Es müssen also noch andere Faktoren, die dieser Test nicht aufdeckt, im Spiel sein.
Bei den Goldhamstern handelte es sich um verhältnismässig junge Tiere, wie aus dem niederen Körpergewicht zu ersehen ist. Über das Alter der Tiere war jedoch nichts in Erfahrung zu bringen. Das Alter spielt jedoch eine gewisse Rolle für die O_2-Affinität des Blutes (BARTELS, HILPERT und RIEGEL 1960). Wenn man von anderen Säugetieren auf den Goldhamster schliessen darf, könnte die Affinität, wenn die Tiere noch nicht geschlechtsreif waren, etwas zu niedrig sein, im Vergleich zu erwachsenen Tieren.
Wie für Kohlendioxyd musste auch für Sauerstoff ein Absorptionskoeffizient angenommen werden. Fehlermöglichkeiten bei Verwendung eines unzutreffenden Wertes ergeben sich bei der Angabe der O_2-Kapazität und der Sauerstoffsättigung. Bei der geringen zu erwartenden Variation von α_{O_2} bei den verschiedenen Säugetierarten sind die Fehlermöglichkeiten für die genannten Werte unter der

1 % Grenze.
STEWART (1944) hat an narkotisierten Goldhamstern gearbeitet und auf einer Höhe von ca. 1700 m ü.M. Es ist deshalb teilweise erklärbar, dass seine Erythrocytenzahl um mehr als 1 bis 3 Mio höher ist als bei unseren Untersuchungen, entsprechend höher ist auch der Hb-Gehalt. Der Hämatokritwert ist mit ca. 47 % über das Mass des durch die höhere Erythrocytenzahl zu erwartenden Wertes vergrößert. Es ist anzunehmen, dass unsere Hämatokritbestimmung mit der HAWKSLEY-Zentrifuge richtiger ist. BURKE (1953) hat die O_2-Kapazität bei Goldhamstern mit einer anderen Methode bestimmt. Sein Mittelwert liegt um 3 Vol % niedriger, seine Tiere waren im Mittel doppelt so schwer wie unsere. FOREMAN (1954) hat zwar auch die drei Species untersucht, aber seine Angaben beziehen sich auf O_2-Dissoziationskurven von Hämoglobinlösungen bei pH 6.8 und sind so nicht mit unseren Werten vergleichbar.
Sauerstoff-Dissoziationskurven vom Blut des Hamsters und der Maus sind von BARKER (1957) und SCHMIDT-NIELSEN u. LARIMER (1958) publiziert worden. Besonders ausführlich sind die Untersuchungen von BARKER, aber leider kann man wegen der unglücklich kleinen Abbildungen, Tabellen fehlen für die Kurven, keine genügend genauen Informationen aus den Arbeit bekommen. Für den Goldhamster geben SCHMIDT-NIELSEN und LARIMER einen Halbsättigungs-O_2-Druck von ca. 28 Torr und für die weisse Maus einen solchen von ca. 48 Torr an. Die Werte sind auf einen CO_2-Druck von 40 Torr bezogen und können so nicht mit unseren pH-bezogenen Werten verglichen werden. Wenn wir unsere Werte von Mäusen auf einen CO_2-Druck beziehen, liegt unser Halbsättigungsdruck zwar höher, aber nur bei 40 Torr P_{O_2}. Für den Bohr-Effekt im Vollblut sind uns keine Werte anderer Autoren bekannt geworden.
Aus Tab. 11 sind die Messwerte der Erythrocytenmorphologie und einige berechnete Daten zu entnehmen. Die Spitzmäuse haben die größte Erythrocytenzahl mit 11.5 Millionen/mm^3. Da der Hämatokrit praktisch identisch ist mit demjenigen der weissen Mäuse und diese nur 8.1 Millionen Erythrocyten/mm^3 haben, müssen die Einzelvolumina der Zellen bei den Mäusen größer sein. Da die Fläche etwa gleich ist, ist hauptsächlich die Dicke größer. Die niedrigste Zellzahl haben die Goldhamster (4.9 Millionen/mm^3), die Dicke ist mit 1.83 u am größten, aber nicht in dem Verhältnis größer, dass

der Hämatokritwert nicht stark gegenüber den anderen Species erniedrigt (28,5 %) wäre. Bei allen drei Tierarten ist die Hb-Konzentration im Erythrocyten auffallend hoch, zwischen 45 und 48 %, ein Wert, den man früher wegen des Auskristallisierens des Hb für unmöglich hielt. Inzwischen wurden aber beim Kamel und beim Lama (BARTELS,BARBEY,BETKE,HILPERT,LANG,METCALFE u. RIEGEL 1963) ähnlich hohe Konzentrationen gefunden. Es bleibt nur der Schluß, daß das Molekulargewicht niedriger als allgemein angenommen, die O_2-Bindungsfähigkeit pro Hb-Molekül höher ist als die Hüfnersche Zahl angibt oder die Vorstellung über die Kristallisation unrichtig ist. Die Korrelation zwischen der Lage der O_2-Bindungskurve und der Erythrocytendicke, die beim Menschen für die ersten Lebensmonate gut gesichert ist, zeigt sich auch bei diesen Untersuchungen. Die niederste Affinität ist mit der geringsten Erythrocytendicke kombiniert.

Die von SCHMIDT-NIELSEN u. LARIMER (1958) publizierte Vorstellung, daß die O_2-Affinität um so geringer sein müßte, je kleiner das Säugetier ist, wirddurch diese Untersuchungen gestützt, wenngleich auch bei uns, wie bei den genannten Autoren, der Wert für den Goldhamster das Konzept erheblich stört. RIGGS (1960) hat bei kleineren Tieren einen größeren Bohr-Effekt als bei größeren Tieren gefunden und ähnliche Vorstellungen wie SCHMIDT-NIELSEN u. LARIMER daran geknüpft. Allerdings führte er seine Bestimmungen in Hämoglobinlösungen durch. In vivo wird aber nur der Bohr-Effekt des Blutes wirksam, und hierbei sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Species erheblich geringer (HILPERT,FLEISCHMANN,KEMPE u. BARTELS 1963). Dennoch gehen unsere Befunde in die gleiche Richtung.

Wichtiger scheint uns eine Überlegung im Zusammenhang mit der geringen Erythrocytendicke bei den kleinsten Tieren. Diese haben in jedem Fall ein sehr viel größeres Herzzeitvolumen pro Kilogramm Körpergewicht als die größeren Tiere. Bei einer einigermaßen analogen Pulmonalgefäßstruktur muß die Kontaktzeit der Erythrocyten erheblich kürzer sein als bei größeren Tieren, und somit die Aufsättigung des Hämoglobins in den Erythrocyten rascher verlaufen. Ein Weg dazu wäre die verringerte Diffusionsstrecke.

Zusammenfassung

Von Spitzmäusen, weissen Mäusen und Goldhamstern wurden Sauerstoff-Dissoziationskurven aufgestellt, sowie der Bohr-Effekt bestimmt. Die Analysen wurden mit dem mikromanometrischen Apparat von KOPP-NATELSON durchgeführt. Angaben über die Erythrocytenmorphologie aller drei Species sind tabellarisch festgelegt worden.

In der genannten Reihenfolge betragen die O_2-Halbsättigungsdrucke bei pH 7.4 und 37°C 36.9; 33.8 27.8; die O_2-Kapazitäten sind 21.74; 18.57; 18,57; die Werte des Bohr-Effektes sind 0.63; 0.63; 0.41. Das "aktive" Hämoglobin beträgt 16.94; 15.75; 13.76; die Zahl der Erythrocyten 11.45; 8.12; 4.89, die mittlere Hämoglobinkonzentration im Erythrocyten 47.7; 44.8; 48.3. Der Durchmesser beträgt 5.67; 5.77; 6.45 und die Erythrocytendicke 1.23; 1.68; 1.83

Tabelle 1. Analysierte und berechnete Daten des Blutes von weissen Mäusen zur Ermittlung des Bohr-Effektes.

P_{O_2}	P_{CO_2}	C_{O_2}	C_{CO_2}	S_{O_2}	pH_{el}
25.0	20.7	12.21	29.5	54.8	7.370
30.3	34.7	6.25	40.2	27.8	7.305
35.4	126.7	5.66	72.4	25.0	6.995
25.0	20.7	7.82	35.6	59.6	7.405
30.3	34.8	5.89	41.6	35.5	7.295
35.4	126.7	3.23	74.5	19.1	6.980
25.2	20.8	8.82	38.1	47.5	7.400
30.6	35.0	6.96	44.3	37.3	7.285
35.7	127.6	5.41	76.4	28.8	6.970
25.2	20.8	13.64	34.1	73.2	7.305
30.6	35.0	11.46	40.2	61.4	7.235
35.7	127.6	6.72	76.4	35.6	6.955
24.8	20.5	15.70	63.6	72.8	7.620
30.1	34.5	13.50	72.1	62.8	7.510
35.2	125.8	10.76	104.0	49.6	7.145
35.7	127.8	6.08	65.6	25.6	6.952
30.6	35.0	6.16	37.1	29.1	7.250
25.2	20.8	6.64	27.6	28.1	7.345
35.7	127.8	5.18	65.2	21.7	6.965
30.6	35.0	5.62	36.2	23.7	7.252
25.2	20.8	5.38	27.4	22.7	7.352
30.6	35.0	5.20	34.8	21.9	7.240
35.7	127.8	4.56	65.1	19.2	6.950
25.2	20.8	6.64	27.6	31.4	7.345
35.7	127.8	5.18	65.2	24.3	6.965
30.6	35.0	5.62	36.2	26.5	7.252
25.2	20.8	5.38	27.4	25.4	7.352
30.6	35.0	5.20	34.8	24.5	7.240
35.7	127.8	4.56	65.1	21.5	6.950
30.6	35.0	6.66	36.6	37.1	7.280
35.7	127.8	3.74	69.3	20.5	6.950
30.6	35.0	6.46	36.1	36.0	7.250

Tabelle 1 (Fortsetzung)

P_{O_2}	P_{CO_2}	C_{O_2}	C_{CO_2}	S_{O_2}	pH_{el}
35.7	127.8	3.35	65.6	18.3	6.950
25.3	21.0	5.32	26.2	24.0	7.472
30.8	35.2	4.76	38.8	21.4	7.349
35.9	128.5	3.59	63.2	16.0	6.975
25.3	21.0	6.49	26.5	29.4	7.345
30.8	35.2	6.11	25.9	27.5	7.305
35.9	128.5	4.36	64.2	19.5	6.992
25.3	20.9	9.01	27.8	42.6	7.397
30.7	35.2	6.49	33.6	31.0	7.265
25.3	20.9	7.56	25.4	35.7	7.315
30.7	35.2	6.40	32.7	30.1	7.265
25.3	20.9	12.93	54.7	61.3	7.702
30.7	35.2	11.48	59.7	54.3	7.530
35.9	128.5	9.44	96.4	44.9	7.204
25.3	20.9	12.48	54.4	59.2	7.657
30.7	35.2	11.21	59.2	53.0	7.585
35.9	128.5	8.08	99.1	38.4	7.192

Tabelle 2. Analysierte und berechnete Daten des Blutes von Goldhamstern zur Ermittlung des Bohr-Effektes.

P_{O_2}	P_{CO_2}	C_{O_2}	C_{CO_2}	S_{O_2}	pH_{el}
25.3	20.9	8.91	39.2	66.0	7.503
30.7	35.1	8.08	50.5	59.6	7.454
35.8	128.0	6.66	66.2	48.9	6.950
25.3	20.9	8.66	52.2	65.5	7.575
30.7	35.1	7.98	49.8	60.2	7.470
35.8	128.0	6.70	76.8	50.4	7.025
25.3	20.9	12.06	36.2	77.2	7.555
30.7	35.1	9.54	49.4	60.9	7.490
35.8	128.0	7.19	78.9	46.0	7.035
25.3	20.9	12.01	39.3	76.9	7.555
30.7	35.1	9.25	48.7	59.0	7.455
35.8	128.0	7.47	80.1	47.5	7.061
25.3	20.9	11.26	39.1	63.7	7.579
30.7	35.1	10.81	43.8	61.0	7.490
35.8	128.0	10.14	79.0	57.2	7.032
25.3	20.9	11.31	39.7	64.0	7.579
30.7	35.1	10.96	42.9	61.8	7.470

Tabelle 3. Spitzmäuse. Analysierte und berechnete Daten des Blutes von 11 Individuen, wobei jedoch das Blut von jeweils 2 Individuen gesammelt wurde, um jeweils eine Kurve aufzustellen. P_{O_2} und P_{CO_2}: Äquilibriergasdrucke in Torr für O_2 und CO_2 im Kugeltonometer. C_{O_2} und C_{CO2} : Gehalt des Blutes an chemisch gebundenem und physikalisch gelöstem O_2 bzw. CO_2 in Vol %. S_{O_2} : Prozentuale O_2-Sättigung des äquilibrierten Blutes. C_{CO_2s}: Berechneter CO_2-Gehalt im Serum des äquilibrierten Blutes. pH_s: Gasometrisch berechneter pH-Wert des Serums. P_{O_2} pH_s = 7.4 ber.: Auf pH_s = 7.4 bei der gefundenen O_2-Sättigung umgerechneter O_2-Druck des Blutes

	P_{O_2}	P_{CO_2}	C_{O_2}	C_{CO_2}	S_{O_2}	C_{CO_2s}	pH_s	P_{O_2} pH_s= 7.4 ber.
1 - 2	39.8	47.5	9.98	41.9	44.5	50.7	7.263	32.7
	39.8	47.5	10.15	38.7	45.3	46.8	7.224	30.8
	39.8	47.5	11.28	38.5	50.3	46.7	7.222	30.8
	267.0	44.6	22.95	37.3	100.0			
3 - 4	29.9	45.6	8.49	41.2	36.6	50.2	7.274	24.9
	30.6	35.1	8.62	40.4	37.1	49.9	7.391	30.2
	39.9	47.7	10.64	41.5	45.8	50.7	7.257	32.5
	268.0	44.7	23.81	39.4	100.0			
5 - 6	12.8	43.5	2.94	50.5	13.4	60.3	7.373	12.3
	30.5	34.9	9.17	41.0	41.9	50.0	7.397	30.4
	39.8	47.5	9.41	49.0	42.8	59.1	7.331	36.1
	44.4	33.5	14.45	45.5	66.0	56.1	7.469	49.0
	267.0	44.6	22.52	44.3	100.0			
7 - 8	12.8	43.4	1.79	32.6	7.5	39.5	7.186	11.8
	39.7	47.4	8.32	44.1	35.1	53.9	7.289	33.8
	39.7	47.4	11.27	41.4	47.7	51.3	7.266	32.7
	44.2	35.5	13.12	32.8	55.6	41.1	7.326	39.7
	44.2	35.5	14.52	32.5	61.6	40.8	7.322	39.5
	79.2	46.5	17.91	36.5	75.6	45.4	7.219	61.0
	266.7	44.5	24.18	34.5	100.0			

Tabelle 3 (Fortsetzung)

	P_{O_2}	P_{CO_2}	C_{O_2}	C_{CO_2}	S_{O_2}	$C_{CO_2 s}$	pH_s	P_{O_2} pH_s= 7.4 ber.
9 - 10	80.0	46.9	14.27	40.4	82.8	47.2	7.233	62.8
	80.0	46.9	14.73	40.5	85.5	47.4	7.235	63.0
	80.0	46.9	15.98	42.2	92.8	49.4	7.254	64.8
	269.2	44.9	17.77	41.2	100.0			
11	38.5	47.0	9.14	37.0	38.6	45.2	7.210	29.3
	210.8	45.6	23.98	35.0	100.0			

Tabelle 4. Weisse Mäuse. Analysierte und berechnete Daten des Blutes von 27 Individuen, wobei jedoch das Blut ab Nr. 8 von jeweils 4 Individuen gesammelt wurde, um jeweils eine Kurve aufzustellen.

P_{O_2} und P_{CO_2}: Äquilibriergasdrucke in Torr für O_2 und CO_2 im Kugeltonometer. C_{O_2} und C_{CO_2}: Gehalt des Blutes an chemisch gebundenem und physikalisch gelöstem O_2 bzw. CO_2 in Vol %. S_{O_2}: Prozentuale O_2-Sättigung des äquilibrierten Blutes. C_{CO_2s}: Berechneter CO_2-Gehalt im Serum des äquilibrierten Blutes. pH_{el}: Mit der Glaselektrode gemessener pH-Wert des Blutes. P_{O_2} bei pH 7.4: auf pH = 7.4 bei der gefundenen O_2-Sättigung umgerechneter O_2-Druck des Blutes.

	P_{O_2}	P_{CO_2}	C_{O_2}	C_{CO_2}	S_{O_2}	C_{CO_2s}	pH_{el}	P_{O_2} bei pH 7.4
	40.0	47.7	10.21	36.2	47.2	43.6	7.180	29.4
1	40.0	47.7	11.57	34.9	53.6	42.1	7.180	29.4
	213.2	46.1	22.02	33.0	100.0			
	40.0	47.7	9.10	40.9	45.5	48.4	7.195	29.7
2	44.5	33.7	13.47	36.0	67.0	43.7	7.265	36.7
	213.2	46.1	20.38	36.7	100.0			
	30.7	35.2	6.22	40.3	33.1	47.5	7.320	27.1
	40.0	47.7	9.44	44.8	50.4	52.6	7.225	31.0
3	44.5	33.7	11.23	37.2	59.9	44.3	7.315	39.3
	213.2	46.1	19.16	40.5	100.0			
	31.0	35.5	4.75	41.7	30.7	47.5	7.310	27.2
4	44.9	34.0	8.29	38.4	53.8	44.1	7.350	41.8
	215.2	46.5	15.81	41.1	100.0			
	31.0	35.5	7.58	48.5	41.4	57.0	7.440	32.9
	44.9	34.0	11.02	47.5	60.2	56.2	7.475	50.0
5	80.4	47.2	16.45	50.4	89.6	59.6	7.350	74.6
	215.2	46.5	18.76	49.3	100.0			

Tabelle 4 (Fortsetzung)

	P_{O_2}	P_{CO_2}	C_{O_2}	C_{CO_2}	S_{O_2}	$C_{CO_2 s}$	pH_{el}	P_{O_2} bei pH 7.4
6	13.0	44.1	2.43	49.3	11.1	58.7	7.400	13.0
	13.0	44.1	2.53	55.6	11.6	66.1	7.390	12.8
	13.0	44.1	3.75	51.4	17.2	61.3	7.360	12.3
	215.2	46.5	22.18	44.7	100.0			
7	80.4	47.1	17.88	43.8	84.6	53.3	7.250	64.5
	80.4	47.1	18.02	43.4	85.2	52.8	7.265	66.0
	80.4	47.1	18.46	46.8	87.3	57.0	7.275	67.0
	215.0	46.4	21.52	45.0	100.0			
8 - 11	39.8	47.6	9.38	51.8	43.2	62.4	7.255	32.3
	39.8	47.6	14.19	49.2	65.6	59.7	7.255	32.3
	212.5	45.9	22.09	40.0	100.0			
	79.5	46.6	17.45	47.0	94.6	56.4	7.255	61.6
	79.5	46.6	17.65	47.3	95.6	56.8	7.210	60.2
	212.5	45.9	19.85	43.1	100.0			
	30.6	35.0	6.34	46.4	29.2	56.2	7.315	27.0
	30.6	35.0	6.54	46.2	30.2	55.9	7.315	27.0
	212.5	45.9	22.05	46.4	100.0			
12-15	12.9	43.6	2.62	26.8	16.3	30.4	7.315	11.4
	12.9	43.6	2.72	37.4	16.9	42.5	7.235	10.2
	79.6	46.7	13.13	26.1	81.1	30.1	7.037	47.0
	79.6	46.7	14.05	26.9	86.8	31.1	7.055	48.3
	213.0	46.1	16.48	27.5	100.0			
	213.0	46.1	16.60	26.8	100.0			

Tabelle 4 (Fortsetzung)

	P_{O_2}	P_{CO_2}	C_{O_2}	C_{CO_2}	S_{O_2}	$C_{CO_2 s}$	pH_{el}	P_{O_2} bei pH 7.4
	40.6	48.4	6.86	41.0	38.4	47.4	7.144	28.0
	40.6	48.4	7.35	38.5	41.2	44.6	7.142	27.7
	40.6	48.4	8.46	40.8	47.5	47.3	7.144	28.0
	45.2	34.2	9.06	38.9	50.9	45.7	7.217	34.7
	45.2	34.2	9.27	34.9	52.1	41.0	7.237	35.6
16-19	45.2	34.2	9.68	35.4	54.4	41.7	7.196	33.6
	45.2	34.2	9.88	34.3	55.6	40.4	7.207	34.1
	80.8	47.4	15.01	30.4	84.0	35.8	7.144	55.8
	80.8	47.4	15.10	37.1	84.6	43.6	7.127	54.4
	80.8	47.4	15.40	33.8	86.4	39.8	7.132	54.8
	216.3	46.7	18.56	36.2	100.0			
	216.3	46.7	17.84	39.5	100.0			
	53.7	51.0	11.09	42.5	57.9	50.0	7.182	39.2
	53.7	51.0	11.44	41.6	59.7	48.9	7.161	38.0
	66.8	44.7	15.45	40.6	80.7	48.4	7.220	51.5
	66.8	44.7	15.54	36.3	81.2	43.3	7.202	50.1
20-23	81.2	44.8	15.96	37.2	83.3	44.4	7.165	57.8
	81.2	44.8	16.49	37.7	86.0	45.0	7.192	60.1
	243.5	44.9	19.62	36.7	100.0			
	243.5	44.9	19.64	31.9	100.0			
	66.8	44.6	14.52	38.3	77.7	45.5	7.218	51.3
	66.8	44.6	14.52	40.0	77.7	47.3	7.213	50.9
	66.8	44.6	14.93	36.3	79.9	43.1	7.215	51.0
	66.8	44.6	15.35	39.7	83.2	47.2	7.235	52.6
	81.5	44.9	15.31	39.9	82.2	47.5	7.192	60.2
	81.5	44.9	15.46	39.1	83.0	46.5	7.197	60.6
24-27	81.5	44.9	15.46	38.0	83.0	45.2	7.200	61.0
	81.5	44.9	15.62	39.9	83.9	47.5	7.182	59.4
	81.5	44.9	15.91	39.6	85.5	47.2	7.180	59.2
	81.5	44.9	16.06	37.2	86.3	44.3	7.194	60.4
	81.5	44.9	16.26	39.0	87.4	46.5	7.180	59.2
	243.5	44.8	19.07	36.1	100.0			
	243.5	44.8	19.18	39.4	100.0			

Tabelle 4 (Fortsetzung)

	P_{O_2}	P_{CO_2}	C_{O_2}	C_{CO_2}	S_{O_2}	$C_{CO_2 s}$	pH_{el}	P_{O_2} bei pH 7.4
	81.5	44.9	15.34	37.9	85.4	44.7	7.145	56.2
	81.5	44.9	15.59	30.9	86.9	36.5	7.195	60.5
	81.5	44.9	15.64	37.3	87.2	44.0	7.145	56.2
	81.5	44.9	15.94	39.1	88.8	46.2	7.100	52.7
	243.5	44.8	18.40	33.5	100.0			
28-31								
	66.8	44.6	14.24	35.5	83.1	41.6	7.112	44.0
	66.8	44.6	14.30	34.8	83.4	40.8	7.115	44.2
	81.5	44.9	15.34	36.2	89.3	42.5	7.070	50.5
	81.5	44.9	15.34	33.0	89.3	38.8	7.070	50.5
	243.5	44.8	17.64	34.0	100.0			
	243.5	44.8	17.64	33.6	100.0			

Tabelle 5. Goldhamster. Analysierte und berechnete Daten von 9 Individuen.

	P_{O_2}	P_{CO_2}	C_{O_2}	C_{CO_2}	S_{O_2}	$C_{CO_2 s}$	pH_{el}	P_{O_2} bei pH 7.4
	14.7	46.8	4.02	60.2	24.4	68.8	7.380	14.4
	30.7	35.1	9.97	54.3	60.6	63.3	7.480	33.1
	44.5	32.5	13.48	52.2	81.8	61.4	7.480	48.0
1	65.7	44.5	15.58	54.8	94.3	64.0	7.361	63.2
	81.0	44.6	15.92	57.8	96.1	67.6	7.444	84.5
	242.5	44.7	17.05	55.6	100.0			
	14.7	46.8	4.16	58.2	19.4	71.2	7.381	11.4
	30.7	35.1	11.63	48.6	54.5	59.2	7.500	33.7
	40.0	47.7	15.68	49.3	73.6	59.8	7.565	46.8
2	65.7	44.5	16.98	44.5	79.2	63.0	7.395	65.3
	44.5	32.5	17.48	47.8	82.0	59.3	7.450	46.7
	81.0	44.6	19.66	50.8	91.8	62.2	7.394	80.8
	242.5	44.7	21.92	50.4	100.0			
	14.7	46.8	3.49	56.7	17.1	66.8	7.396	14.6
	30.7	35.1	11.12	50.8	54.7	61.4	7.467	32.4
	50.8	53.5	17.90	52.8	88.0	63.6	7.308	46.6
3	65.7	44.5	17.94	52.8	88.0	64.0	7.379	64.2
	81.0	44.6	19.46	51.4	95.3	62.4	7.329	75.8
	242.5	44.7	20.92	50.4	100.0			
	14.7	46.9	4.14	58.6	23.6	67.4	7.405	14.8
	30.7	35.2	11.76	47.5	67.4	56.0	7.361	29.6
	44.6	32.6	14.20	46.3	81.2	55.1	7.351	42.7
4	50.9	53.6	14.97	51.5	85.6	60.2	7.250	44.2
	66.6	44.6	15.82	44.5	90.3	52.4	7.234	57.0
	81.1	44.7	17.25	46.7	98.2	55.2	7.215	68.1
	243.0	44.8	18.05	47.0	100.0			

Tabelle 5 (Fortsetzung)

	P_{O_2}	P_{CO_2}	C_{O_2}	C_{CO_2}	S_{O_2}	$C_{CO_2 s}$	pH_{el}	P_{O_2} bei pH 7.4
	14.7	46.9	2.24	48.8	11.2	57.0	7.286	13.2
	18.2	47.3	3.60	58.1	18.1	67.9	7.283	16.3
	30.7	35.2	11.06	48.4	56.1	58.1	7.314	28.3
5	50.9	53.6	15.45	56.7	78.3	67.5	7.253	44.3
	66.6	44.6	16.35	52.1	82.6	62.6	7.285	59.7
	81.1	44.7	18.35	51.0	92.6	61.6	7.257	70.8
	243.0	44.8	20.28	52.9	100.0			
	14.7	46.9	3.21	62.4	18.0	71.8	7.300	13.4
	30.7	35.2	10.50	51.8	59.4	61.0	7.295	27.8
6	44.6	32.6	15.11	48.6	85.4	58.0	7.330	41.7
	50.9	53.6	15.96	67.2	90.3	78.6	7.244	44.1
	243.0	44.8	18.34	17.5	100.0			
	14.9	47.1	4.40	55.0	23.3	64.0	7.240	12.8
	30.9	35.4	11.41	48.1	60.7	57.4	7.283	27.7
	44.8	32.8	13.23	45.8	70.2	54.9	7.294	40.6
7	51.2	53.9	16.24	49.6	86.2	58.6	7.161	40.8
	67.0	44.8	16.72	43.0	88.6	51.3	7.177	54.3
	81.5	44.9	17.74	49.3	93.8	58.9	7.201	67.4
	244.2	45.0	19.40	47.7	100.0			
	14.9	47.1	5.29	66.3	27.3	77.6	7.288	13.4
	30.9	35.4	12.51	50.6	64.6	60.8	7.316	28.6
8	67.0	44.8	18.02	53.2	92.8	63.9	7.227	56.8
	81.5	44.9	18.46	51.9	94.9	62.4	7.200	67.4
	244.2	45.0	19.94	54.6	100.0			
	14.8	46.9	4.19	48.6	24.0	55.9	7.265	13.0
	50.9	53.7	13.83	53.3	79.2	62.0	7.235	43.5
	50.9	53.7	14.53	49.5	83.3	57.7	7.178	41.3
	44.6	32.6	14.15	44.1	81.2	52.3	7.330	41.7
9	66.7	44.6	15.16	48.1	86.6	54.2	7.247	57.7
	81.2	44.7	16.72	47.3	89.7	53.4	7.275	72.3
	81.2	44.7	16.01	49.7	91.4	56.1	7.265	71.6
	243.1	48.8	18.00	47.0	100.0			

Tabelle 6. Spitzmaus . Daten der Mittelwerts-Sauerstoffdissoziationskurve von 11 Individuen bei pH 7.6, 7.4 und 7.2

S_{O_2}	pH_s=7.6 P_{O_2}	pH_s=7.4 P_{O_2}	pH_s=7.2 P_{O_2}	S_{O_2}	pH_s=7.6 P_{O_2}	pH_s=7.4 P_{O_2}	pH_s=7.2 P_{O_2}
6	4.9	6.6	8.8	65	35.7	47.7	63.8
8	6.3	8.4	11.2	70	38.4	51.3	68.5
10	7.5	10.0	13.4	75	40.8	54.6	72.9
13	9.5	12.7	17.0	80	43.6	58.2	77.8
20	13.0	17.4	23.3	85	46.5	62.1	83.0
25	15.3	20.4	27.3	90	49.4	66.1	88.3
30	17.9	23.9	31.9	91	50.5	67.4	90.1
35	20.3	27.1	36.2	92	51.4	68.7	91.9
40	22.8	30.4	40.7	93	52.2	69.9	93.3
45	25.1	33.5	44.8	94	53.4	71.5	95.5
50	27.6	36.9	49.3	95	54.3	72.6	97.1
55	30.5	40.8	54.6	96	55.5	74.1	99.0
60	32.9	43.9	58.8				

Tabelle 7. Weisse Maus. Daten der Mittelwerts-Sauerstoffdissoziationskurve von 27 Individuen bei pH 7.6, 7.4 und 7.2.

S_{O_2}	pH_s=7.6 P_{O_2}	pH_s=7.4 P_{O_2}	pH_s=7.2 P_{O_2}	S_{O_2}	pH_s=7.6 P_{O_2}	pH_s=7.4 P_{O_2}	pH_s=7.2 P_{O_2}
6	4.1	5.5	7.4	65	31.6	42.3	56.5
8	5.2	7.0	9.4	70	33.8	45.2	60.4
10	6.4	8.5	11.3	75	36.0	48.1	64.3
15	7.1	12.0	16.0	80	38.5	51.4	68.7
20	11.5	15.4	20.5	85	41.6	55.6	74.3
25	14.0	18.7	25.0	90	45.4	60.7	81.1
30	16.3	21.8	29.1	91	46.3	62.0	82.8
35	18.7	25.0	33.4	92	47.3	63.2	84.5
40	20.9	28.0	37.4	93	48.1	64.2	85.9
45	23.2	31.0	41.5	94	49.5	66.2	88.6
50	25.3	33.8	45.2	95	50.9	68.0	91.0
55	27.5	36.7	49.1	96	52.2	69.8	93.4
60	29.7	39.6	53.0				

Tabelle 8. Goldhamster. Daten der Mittelwerts-Sauerstoffdissoziationskurve von 9 Individuen bei pH 7.6, 7.4 und 7.2.

S_{O_2}	pH_s=7.6 P_{O_2}	pH_s=7.4 P_{O_2}	pH_s=7.2 P_{O_2}	S_{O_2}	pH_s=7.6 P_{O_2}	pH_s=7.4 P_{O_2}	pH_s=7.2 P_{O_2}
6	4.1	5.0	6.0	65	27.2	32.8	39.6
8	5.4	6.5	7.9	70	29.5	35.7	43.1
10	6.5	7.9	9.5	75	32.5	39.3	46.4
15	9.2	11.1	13.4	80	36.4	44.0	53.1
20	11.4	13.8	16.7	85	41.9	50.6	61.1
25	13.4	16.2	19.5	90	50.2	60.6	73.2
30	15.5	18.7	22.6	91	51.6	62.2	75.2
35	17.4	21.0	25.4	92	53.4	64.6	78.0
40	19.4	23.4	28.3	93	55.4	67.0	80.9
45	21.2	25.6	30.9	94	57.8	69.8	84.3
50	23.0	27.8	33.6	95	60.4	73.0	88.1
55	24.2	29.2	35.3	96	63.3	76.4	92.2
60	25.6	30.9	37.3				

Tabelle 9. Zusammenstellung der mittleren Fehler der Einzelmessungen (sx_i) und der mittleren Fehler der Mittelwerte (sX) nach O_2-Druck (P_{O_2}) und der O_2-Sättigung (S_{O_2}) getrennt für die einzelnen Mittelwerts-Sauerstoff-Dissoziationskurven.

	P_{O_2} Torr	S_{O_2} %
1.Spitzmaus		
Mittelwertskurve n = 20	$sx_i = \pm 3.5$	$sx_i = \pm 5.2$
geprüfter Bereich:11.8-64.8 Torr P_{O_2} 7.5-92.8 % S_{O_2}	$sX = \pm 0.7$	$sX = \pm 1.2$
2.Weisse Maus		
Mittelwertskurve n = 63	$sx_i = \pm 5.5$	$sx_i = \pm 7.0$
geprüfter Bereich:10.2-74.6 Torr P_{O_2} 16.3-95.6 % S_{O_2}	$sX = \pm 0.7$	$sX = \pm 0.9$
3.Goldhamster		
Mittelwertskurve n = 49	$sx_i = \pm 7.7$	$sx_i = \pm 4.2$
geprüfter Bereich:12.8-84.5 Torr P_{O_2} 11.2-98.2 % S_{O_2}	$sX = \pm 1.1$	$sX = \pm 0.6$

Tabelle 10. O_2-Kapazität, O_2-Halbsättigungsdrucke (T_{50}) und Werte des Bohr-Effektes.

Species	O_2-Kapazität		T_{50} pH=7.4	T_{50} pH=7.2	$\frac{\log P_{O_2}}{pH}$	
	sx_i	sX				sx_i
1.Spitzmaus	21.74 $\pm$ 2.45	$\pm$ 1.0	36.9	49.3	0.63	$\pm$ 0.053
2.Weisse Maus	18.57 $\pm$ 1.94	$\pm$ 0.42	33.8	45.2	0.63	$\pm$ 0.096
3.Goldhamster	18.57 $\pm$ 1.59	$\pm$ 0.53	27.8	33.6	0.41	$\pm$ 0.049

Tabelle 11. Zusammenstellung gemessener und berechneter Werte von je 5 Spitzmäusen, weissen Mäusen und Goldhamstern, mit Mittelwerten (X), mittleren Fehlern der Einzelwerte (sx_i) und mittleren Fehlern der Mittelwerte (sX). Es bedeuten: Hb "aktiv" = aus O_2-Kapazität berechneter Hämoglobingehalt in g % (1 g Hb bindet 1.34 ml O_2); E = Erythrocytenzahl in Millionen/mm^3; Hkt = Hämatokrit in %; EEV = mittleres Erythrocyteneinzelvolumen in μ^3; HbK_E = mittlere Hämoglobinkonzentration im Erythrocyten in %; Hb_E = mittlerer Hämoglobingehalt im Erythrocyten in $\mu\mu g$; D = mittlerer Durchmesser der Erythrocyten in μ; d = mittlere Erythrocytendick in μ; EOfl. = Erythrocytenoberfläche in μ^2.

Tier Nr.	Hb (g%) "aktiv"	E (Mio/mm^3)	Hkt (%)	EEV (μ^3)	HbK_E (%)	Hb_E ($\mu\mu g$)	D (μ)	d (μ)	EOfl. (μ^3)
Spitzmaus									
1-2	16.49	11.95	34.5	28.9	47.9	13.80	5.66	1.15	70.37
3-4	17.15	12.21	36.5	29.9	46.9	14.05	5.66	1.15	72.50
5-6	16.19	11.70	35.5	30.3	45.9	13.84	5.82	1.14	74.22
7-8	17.43	10.69	35.5	33.2	49.0	16.30	5.58	1.36	72.84
7-8	17.43	10.69	35.5	33.2	49.0	16.30	5.62	1.35	73.22
X	16.94	11.45	35.5	31.1	47.7	14.86	5.67	1.23	72.63
sx_i	0.57	0.71	0.22	2.0	1.4	1.37	0.09	0.11	1.42
sX	0.25	0.32	0.10	0.9	0.6	0.61	0.04	0.05	0.63
Weisse Maus									
32	15.93	9.13	35.0	38.3	45.4	17.45	5.70	1.50	77.85
32	15.93	9.13	35.0	38.3	45.4	17.45	5.74	1.48	78.52
33	16.43	8.30	34.5	41.6	47.6	19.80	5.82	1.55	81.38
34	15.80	7.33	35.5	48.4	44.6	21.56	5.88	1.79	87.24
35	14.65	6.72	36.0	53.6	41.2	21.80	5.72	2.08	93.65
X	15.75	8.12	35.2	44.0	44.8	19.61	5.77	1.68	83.83
sx_i	0.66	1.07	0.57	6.8	2.3	2.39	0.15	0.81	6.64
sX	0.29	0.48	0.25	3.0	1.0	1.07	0.06	0.36	2.96

Tabelle 11. (Fortsetzung)

Tier Nr.	Hb (g%) "aktiv"	E (Mio/mm^3)	Hkt (%)	EEV (μ^3)	HbK_E (%)	Hb_E ($\mu\mu g$)	D (μ)	d (μ)	Eofl. (μ^3)
Goldhamster									
5	14.57	4.96	29.0	58.5	50.4	29.38	6.64	1.77	103.05
6	13.13	4.29	27.0	63.0	48.5	30.61	6.38	1.98	103.35
7	13.91	4.77	28.5	59.7	48.8	29.16	6.40	1.86	101.40
8	14.31	5.48	30.0	54.8	47.7	26.11	6.64	1.71	95.65
9	12.87	4.97	28.0	56.3	46.0	25.90	6.20	1.82	101.61
X	13.76	4.89	28.5	58.5	48.3	28.23	6.45	1.83	101.01
sx_i	0.74	0.43	1.1	3.17	1.6	2.11	0.19	0.10	3.02
sX	0.33	0.19	0.5	1.42	0.7	0.94	0.08	0.04	1.35

Abbildung 1

Pipette zur anaeroben Überführung von 0.01 - 0.03 ml Blut aus Tonometern in den mikromanometrischen Apparat nach NATELSON (1951).

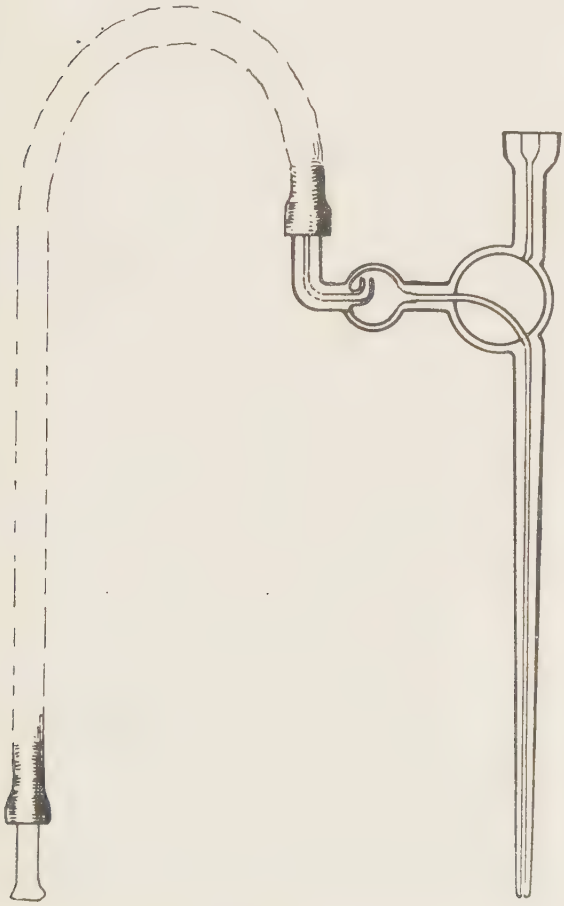
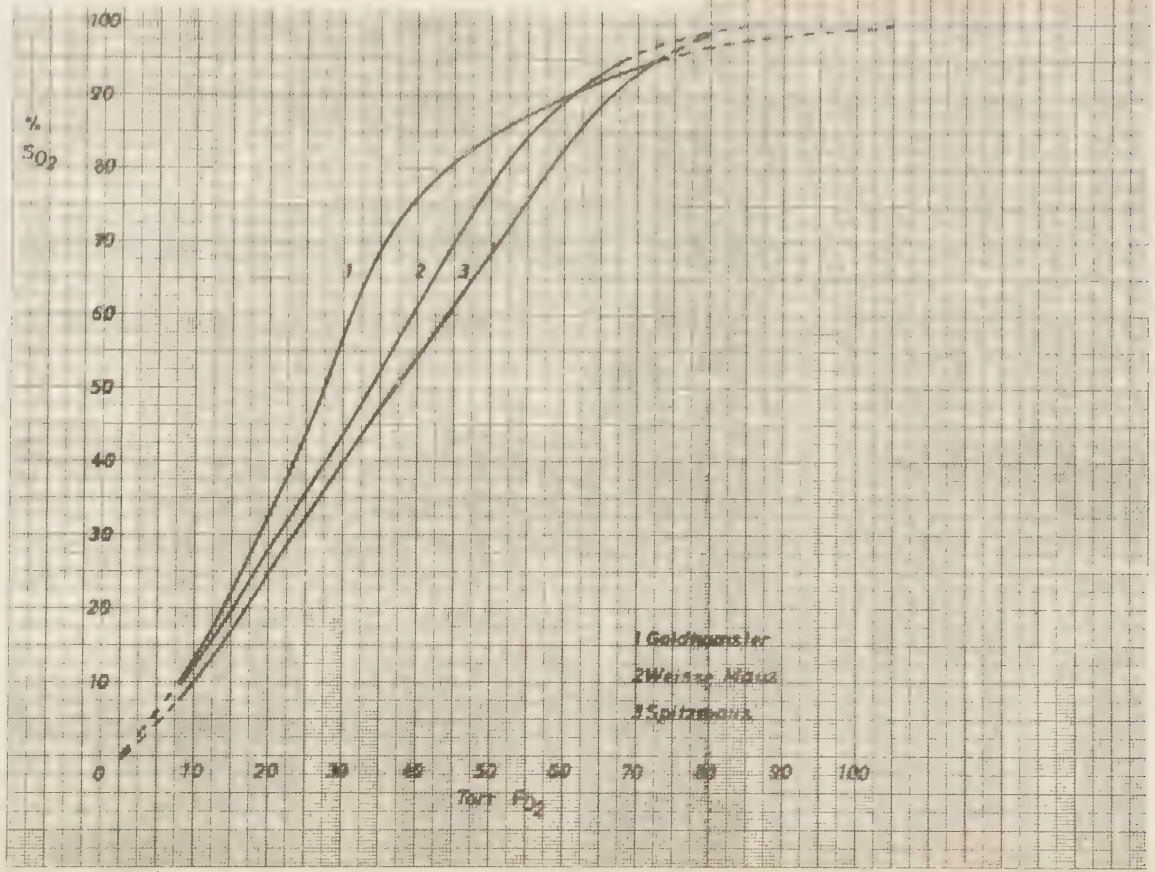


Abb. 2

Mittl. Werte-Sauerstoff-Dissoziationskurven [illegible] Blutproben von Mäusen und Goldhamstern bei pH 7.4



Literaturverzeichnis

BARKER,J.N.: Role of hemoglobin affinity and concentrating in determining hypoxia tolerance of mammals during infancy, hypoxia, hyperoxia and irradiation. Amer.J.Physiol.189, 281 (1957).

BARTELS,H.: Blut. Handbuch der Zoologie, Bd. VIII, Teil 5. Berlin: W.de Gruyter & Co. 1958.

BARTELS,H., K.BARBEY, K.BETKE, P.HILPERT,E.M.LANG, J.METCALFE and K.RIEGEL: Respiratory functions of the blood of the yak,llama, camel, Dybowski deer and african elephant. Amer.J.Physiol. 205, 331 (1963)

BARTELS,H., E.BÜCHERL, C.W.HERTZ, G.RODEWALD und M.SCHWAB: Lungenfunktionsprüfungen. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer 1959.

BARTELS,H. und H.HARMS: Sauerstoffdissoziationskurven des Blutes von Säugetieren. Pflügers Arch. ges. Physiol. 268,334 (1959).

BARTELS,H., P.HILPERT und K.RIEGEL: Die O_2-Transportfunktion des Blutes während der ersten Lebensmonate von Menschen, Ziegen und Schafen. Pflügers Arch. ges. Physiol. 271,169 (1960)

BARTELS,H. und R.WRBITZKY: CO_2-Absorptionskoeffizienten zwischen 15 und 38° C in Wasser und Plasma. Pflügers Arch. ges. Physiol. 271,162 (1960)

BURKE,J.D.: Oxygen capacity in mammals. Physiol. Zool. 26,259 (1953)

FOREMAN,C.W.:A comparative study of the oxygen dissociation of mammalian hemoglobin. J.cell.comp.Physiol. 44,421 (1954)

HILPERT,P., R.FLEISCHMANN, E.KEMPE and H.BARTELS: The Bohr-effect related to blood and erythrocyte pH. Amer.J.Physiol. 205, 337 (1963)

HOLADAY,D.A. and M.VEROSKY: Improved micromanometric methods for the analysis of respiratory gases in plasma and whole blood. J.Lab.clin.Med. 47, 643 (1956).

LAUE,D. : Ein neues Tonometer zur raschen Äquilibrierung von Blut mit verschiedenen Gasdrucken.
Pflügers Arch. ges. Physiol. 254, 142 (1951).

NATELSON,S.: Routine use of ultramicro methods in the clinical laboratory.
Amer.J.clin.Path. 21, 1153 (1951).

RIGGS,A.: The nature and significance of the Bohr-effect in mammalian hemoglobins.
J.gen.Physiol. 43, 737 (1960).

SCHMIDT-NIELSEN,K and J.L.LARIMER: Oxygen dissociation curves of mammalian blodd in relation to body seize.
Amer. J.Physiol. 195, 424 (1958).

STEWART,M.C., L.FLORIO and E.R.MUGRAGE: Hematological finding in the golden hamster.
J.exp.Med. 80, 189 (1944).

Für die Überlassung des Themas, für Anregung und Kritik möchte ich Herrn Professor Dr. med. H. Bartels herzlich danken, ebenso Herrn Professor Dr. med. K. Brecht für die Möglichkeit im Physiologischen Institut zu arbeiten.

Lebenslauf

Am 23. 3. 193o wurde ich, Signe Ulrich, als Tochter des Tuchgroßhändlers Herbert Ulrich und seiner Ehefrau Ingeborg, geb. Henning, in Magdeburg geboren.
1936 - 194o besuchte ich die Volksschule, ab 194o die Oberschule für Mädchen in Magdeburg, wo ich 1948 die Reifeprüfung ablegte.
1948 - 1952 besuchte ich in Magdeburg und Berlin die Frauenfachschule und machte zwischendurch mein vorgeschriebenes Praktikum in verschiedenen Großbetrieben. 1952 legte ich das Staatsexamen ab, nach einem weiteren Praktikumsjahr machte ich 1953 die Anerkennungsprüfung zur staatl. anerkannten Hauswirtschaftsleiterin.
1953 - 1954 war ich als Hauswirtschaftsleiterin in einem Sanatorium tätig.
1954 - 1956 absolvierte ich die Ausbildung zur medizinisch technischen Assistentin am Hygiene -Institut Tübingen.
1956 - 1958 war ich als med.techn.Assistentin am Physiologischen Institut Tübingen, 1958 - 1959 im Lungenfunktionslabor der Chirurgischen Universitätsklinik Tübingen tätig.
Im Sommersemester 1959 begann ich das Studium der Medizin an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen und legte dort im Frühjahr 196o die naturwissenschaftliche Vorprüfung und im Sommer 1961 die ärztliche Vorprüfung ab.
Im Wintersemester 1962/63 und im Sommersemester 1963 studierte ich an der Universität München, die übrigen klinischen Semester in Tübingen.Hier habe ich im Dezember 1964 das Staatsexamen abgelegt.